

ING. MARIO BUFFA

8905
38

PER

Un grande impianto idroelettrico in Basilicata

Progetto d'utilizzazione del Fiume Agri.



Utilizzare una corrente d'acqua equivale ad accrescere durevolmente la forza dell'umanità. L'Italia deve fare la conquista della forza... Da questo suolo italiano, così sfruttato, così tormentato, ove è tanta resistenza di genti, dovrà prima e dopo uscire una grande civiltà industriale, di cui i fattori materiali cominciano a delinearsi e di cui i fattori morali sono in preparazione.

F. S. NITTA.

PISA

STAB. TIPOGRAFICO SUCC. FF. NISTRI

1912

Progetto di Impianto Idroelettrico sul Fiume Agri

Considerazioni generali

Si è ritenuto sinora che le energie idrauliche della Basilicata fossero assolutamente trascurabili o non potessero essere razionalmente sfruttate, tantochè il comm. Solinas Cossu in un suo studio sulle energie idrauliche italiane (1898) scriveva:

« È assai probabile che la Basilicata e la Sardegna non abbiano mai avvenire industriale ». (Vedi F. S. NITTI, *La conquista della Forza* pag. 68).

Ed invero i fiumi della Basilicata hanno carattere torrenizio con grandi piene (che allagano estesi territori, suscitandovi i germi della malaria) seguite da magre straordinariamente ridotte, che per alcuni fiumi (come il Bradano) arrivano sino alla siccità assoluta. Non è quindi possibile utilizzare l'energia di queste acque basandosi, com'è uso generale, sulla minima magra.

Si potrebbero costruire officine idrauliche atte ad utilizzare non più la minima, ma la media magra, facendo funzionare nei periodi d'asciutta una riserva a vapore. Ma il costo sempre crescente del carbone, la necessità di trasportarlo assai lungi dai porti di scarico, le grandi spese per il personale dell'officina termica (personale che verrebbe utilizzato

solo per pochi mesi dell'anno) sconsigliano tale soluzione, che non corrisponde del resto al concetto di utilizzare nel modo migliore l'energia delle acque. L'officina termica di riserva deve essere costruita, nei centri stessi d'utilizzazione e con altro scopo, quello di premunirsi dai possibili guasti della linea o del macchinario elettrico.

È solamente colla creazione di grandi serbatoi, destinati ad immagazzinare le enormi portate di piena per restituirle nei periodi di asciutta, che si riuscirà ad utilizzare seriamente i fiumi della Basilicata, i quali di fiume non hanno che il nome, ma sono dei veri torrenti.

Gli impianti a serbatoio permettono di ricavare forze notevoli da torrenti che non sarebbero altrimenti utilizzabili. Un esempio caratteristico è quello del grandioso impianto eseguito dal prof. Zunini sui torrenti Cedra ed Enza, dove venne creata quasi dal nulla mediante una serie di laghi un'energia idroelettrica di 10.000 cavalli.

Lo scrivente ispirandosi a tali concetti ha progettato un impianto a serbatoio destinato a creare una forza di 70.000 cavalli sul fiume Agri. Il grande serbatoio, vero lago artificiale di quasi 5 chilometri quadrati, varrà anche a regolare la portata dell'Agri inferiore, rendendola quasi costante, permettendo così la coltivazione di una plaga estesissima, che è ora soggetta a periodiche inondazioni.

Da Missanello sino al mare una zona larghissima di terreno è oggi dominata dal fiume Agri, che ad ogni piena cambia posizione. La stabile coltivazione è quindi resa impossibile, e ad ogni piena si formano stagni, ove l'acqua impaluda e dove le larve dall'anofele hanno comodo ricetto.

Data invece stabilità alla portata del fiume, e reso per-

manente il suo letto, potrà essere acquisita alla coltura tutta la zona oggi soggetta a periodiche inondazioni, la quale per la facilità dell'irrigazione potrà dare meravigliosi prodotti. La cessazione delle piene periodiche e la coltivazione faranno sparire la malaria dalla bassa valle dell'Agri, mentre l'energia elettrica prodotta a buon mercato nell'impianto idroelettrico permetterà di diffondere l'industria, di facilitare l'illuminazione e la trazione elettrica.

L'energia prodotta dovrebbe essere riservata in primo luogo alla valle dell'Agri, poi al resto della Basilicata. L'energia eccedente dovrebbe essere portata con linee elettriche ad alta tensione nelle vicine provincie di Salerno e di Napoli ed eventualmente nelle Puglie. Ritengo infatti che la Basilicata non potrà assorbire nei primi tempi che una parte dell'enorme potenza prodotta da questo nuovo impianto. Si rifletta infatti che 180 milioni di kilowattora all'anno equivalgono ad un consumo annuo di 200.000 tonnellate di carbone, ed una spesa di 6 milioni per solo carbone.

A misura che la regione andrà industrializzandosi, diminuirà l'energia esportata, crescendo invece quella consumata sul luogo, ove il kilowattora potrà essere venduto con maggiore beneficio per le minori perdite di linea.

L'impianto dell'Agri avrà su quella della Sila il grande vantaggio di una distanza metà dalla indusre Napoli. Ciò non ostante esso non sarà d'ostacolo alla creazione di quest'altro grandioso impianto, che ha nella Calabria il naturale mercato dell'energia prodotta. Entrambi gli impianti contribuiranno a trasformare in regioni industriali le belle provincie del Mezzogiorno.

Con questi concetti è stato studiato il progetto che mira

a fare della valle dell'Agri un grande centro per la produzione industriale dell'energia.

Il Fiume Agri.

L'Agri raccoglie le acque provenienti dal Vallo di Marsico, e raggiunge la sua massima portata fra Saponara e Montemurro al confluente del torrente Maglia. Nel lungo percorso inferiore da Montemurro sino al mare esso non riceve più che fiumane torrentizie, le cui portate appena compensano le perdite del fiume principale per evaporazione ed assorbimento.

Nel punto da noi indicato, i monti che fiancheggiano il fiume formano una stretta che chiameremo la « Stretta Grumentina » dal nome dell'antica città di Grumentum di cui ancora si scorgono gli avanzi.

Questo punto delimita anche due zone geograficamente e geologicamente distinte. A monte si estende il Vallo di Marsico, grande altipiano alla quota media di 500 a 700 metri sul livello del mare, con terreno pliocenico, circondato da monti alti in media 1500 metri formati di calcare cretaceo con qualche affioramento triassico.

Passata la Stretta Grumentina si ha un lungo canale di circa 17 km. fra due catene di monti che lasciano appena lo spazio per il letto del fiume. Tali montagne sono formate di arenarie e conglomerati arenacei del miocene e dell'eocene.

Lo stretto canale termina sotto Gallicchio; ivi la valle si allarga, le colline ridiventano plioceniche di natura sabbiosa, ed il fiume impaluda in un letto larghissimo e di poca pendenza.

Mentre la pendenza del fiume, sia sopra Grumento che sotto Gallicchio, è debolissima, nel tratto fra Grumento e Gallicchio si ha invece una pendenza di 12 a 13 metri per km.

Questo fatto unitamente alla considerazione che in questo tratto trovasi la massima portata del fiume, consiglia ad utilizzare a scopo di forza motrice il tronco dell'Agri posto fra Grumento e Gallicchio.

Occorre però osservare che l'Agri, come del resto tutti i fiumi del basso Appennino, ha portate variabilissime, da 1340 metri cubi in piena (Masoni) a 3,5 in minima magra (Perrone). Anzi il Perrone ritiene che esso sia talvolta disceso ad una magra di 2,88 (anno 1903), ma tale dato è assolutamente incerto.

Le piene assumono forma di inondazioni e si ripetono con una certa regolarità nelle stagioni piovose.

Il fiume non sarebbe bene utilizzato se ci contentassimo di utilizzare la portata di minima magra. D'altra parte la stretta Grumentina si presta assai bene alla costruzione di un amplissimo serbatoio, il più grande forse che sia stato costruito e progettato in Italia. Il serbatoio permettendo di utilizzare se non tutta l'acqua delle piene, almeno quella della portata media, assicura una produzione annua di 180 milioni di Kilowattora. Inoltre esso avrà grande importanza come regolatore delle piene, liberando dalle inondazioni la valle sottostante e permettendo così di bonificare una vasta regione che per essere ora invasa due o tre volte all'anno dalle acque è fortemente malarica e non può attendere la sua redenzione che da una sistemazione dell'Agri a mezzo di un serbatoio.

Bacino imbrifero.

Il bacino imbrifero ha la forma di un triangolo col vertice nel monte Maruggio (1577 m.). A occidente l'Appennino Lucano (o monti della Maddalena) lo separa dalla Valle del Sele e da quella del suo affluente il Calore (Vallo di Diano). A oriente la Serra di Calvello (alta da 1700 a 1836 m.) lo separa dalla Valle del Camastra affluente del Basento. Il bacino a monte della stretta di Grumento è di 519 kmq. a cui aggiungendo 61 kmq. delle colline di Montemurro e Armento le quali invieranno le loro acque al canale, si ha un bacino totale di 580 kmq.

A tale bacino sono forse da aggiungere 30 kmq. delle conche di Perillo e di Spigno e della conca detta Piana di Maorno, la quale alimenta il lago di Cessuta senza apparente sbocco nei bacini laterali dell'Agri e del Sele; ciò darebbe un bacino totale di 600 chilometri quadrati. Infine con poche opere supplementari si potrebbe utilizzare anche le acque del Nocito con un'area imbrifera di circa 100 kmq., cosicchè il bacino imbrifero utilizzabile è di 700 kmq. Nei nostri calcoli non terremo conto della Valle del Nocito e degli altri piccoli bacini, limitando quindi l'area imbrifera a 580 kmq.

Il calcolo dell'acqua piovuta è molto difficile, non avendosi udometri nella alta Valle dell'Agri.

Nel bacino medio ed inferiore dell'Agri, sotto la stretta di Grumento, si può ritenere una media di 784 mm. facendo la media dei dati indicati dagli udometri di

Moliterno	742 mm.
Valsinni	847 »
Montemurro	768 »

Invece nel Vallo di Marsico e soprattutto nell'Appennino e nella Serra di Calvello che hanno elevazione da 1400 a 1700 metri, l'acqua piovuta deve essere circa il doppio. Il Perrone dà per tale regione 1250 mm. e la cifra non sembra esagerata, se si tenga conto che la precipitazione annuale è di 1261 mm. a Maratea, 1659 a Mormanno, 1266 a Tiriolo. Possiamo quindi attribuire:

al 90 per cento del bacino 1250 mm. di acqua piovuta nell'anno

al 10 » » 784 » » »

ossia possiamo tenere 1200 mm. come media.

L'acqua totale caduta in un anno nel bacino imbrifero sarà dunque:

$$1,2 \times 580 \times 10^6 \text{ m.}^3 = 696 \times 10^6 \text{ m.}^3$$

Portata.

La portata minima indicata dal Perrone è quella di m.³ 3,53 (15 agosto 1905).

Tale anno venne dopo 4 anni di scarsa precipitazione, cosicchè potrebbe ritenersi una buona minima.

Il Perrone la defalca di un quarto, arrivando a 2,880 per tener conto che nel 1903 vi fu una minor quantità di piogge. Tale deduzione sembra esagerata, soprattutto trattandosi di un fiume alimentato da un bacino con monti calcarei spugnosi che conservano per lungo tempo l'acqua assorbita.

Sembra quindi allo scrivente che si possa tenere 3,5 m.³ cubi come una buona minima, anche perchè (come vedremo) noi utilizziamo pure le acque del Vella, che defluisce a valle del Maglia.

La portata massima misurata fu di 1340 m.³, ma la massima è probabilmente molto maggiore perchè durante le grandi piene non si fanno misure idrometriche.

La portata media, secondo la carta idrografica sarebbe di m.³ 30, ma sappiamo per prova che tale carta non è sempre attendibile. Noi possiamo desumere tale portata dall'acqua piovuta nel bacino che è, come vedemmo, di 696×10^6 m.³ all'anno, ossia $\frac{696 \times 10^6}{3155 \times 10^3} = 22,1$ m.³ al 1° ossia meno della portata media indicata nella carta idrografica.

In questa regione si può computare sopra un coefficiente di scolo di 0,60 a 0,70. Per misura di prudenza atteniamoci ad un coefficiente di scolo del 50 per cento (perchè i terreni sono abbastanza permeabili in gran parte del bacino) ed arriviamo ad una portata di 11 m.³ ossia a circa il triplo della minima. Il Perrone del resto ha calcolato 0,509 come coefficiente di scolo in queste regioni.

E da notarsi che il coefficiente 0,50 non è troppo grande, perchè una buona parte del bacino è in terreni impermeabili (eocene e miocene) o semipermeabili (pliocene). La parte permeabilissima calcarea è la parte montana (cretaceo e triassico) ove la pendenza è assai forte e quindi il coefficiente di scolo è maggiore.

La portata media di 11 metri cubi deve quindi considerarsi come una cifra molto prudenziale, specialmente in vista dei 30 metri cubi indicati nella carta idrografica.

Bacino di raccoglimento.

Progettiamo uno sbarramento formato da una diga in muratura posta fra Grumento e Montemurro, a monte del ponte

di Spinoso ed immediatamente a valle della collinetta segnata sulla carta dell'Istituto Geografico Militare colla quota 531. È quello uno dei punti più stretti della valle. Un punto migliore per la diga sarebbe presso il Mulino dei Preti a circa 2 km. a valle. Facendo però la diga in questa seconda posizione si verrebbe a coprire colle acque il ponte della strada Spinoso-Montemurro. Un terzo punto favorevole si ha alquanto a monte della posizione segnata in disegno per lo sbarramento, e precisamente appoggiandosi alla collinetta segnata sulle carte dell'Istituto Geografico Militare colla quota 531. Qui però il terreno sembra meno adatto per la sua permeabilità.

Il fondo del bacino è terreno alluvionale, probabilmente fondo di un antico lago.

Lo sbarramento attraversa la Valle dell'Agri sotto alla foce del Vella.

La diga è alta m. 38 sul fondo dell'alveo, m. 36,80 sul fondo di valle ed ha una altezza media di 23 metri. Il terreno su cui sarà impostata la diga, e tutta la regione adiacente furono rilevati con somma cura dall'Ing. Alessandro Blengino.

Quota di fondo del fiume allo sbarramento m. 488

» di cima della diga	» 526
» del pelo superiore del lago	» 525
» » inferiore utile del lago	» 492

Il bacino ha forma biforcata, la parte principale lungo l'Agri formerà il lago di Grumento, che presenta una insenatura in cui sbocca il torrente Rifreddo.

La parte minore lungo il Maglia, la diremo lago di Maglia, essa pure presenta una insenatura in cui sbocca il Vella.

Il bacino ha un'area di 4,8 kmq. circa; esso immagazzina 77 milioni di metri cubi.

Nel bacino sboccano l'Agri, il Maglia, il Rifreddo, lo Sciaura ed il Vella. Come vedremo in appresso l'altezza di caduta media è di 249 m. di cui 238 utili. Se tutta questa energia fosse utilizzata in un solo secondo da una turbina col rendimento di 0,80, si potrebbero ricavare $238 \times 77 \times 10^9 \times 0,8$ kilogrammetri in un secondo ossia:

$$\frac{18326 \times 10^9 \times 0,8}{367,2} \text{ Wattora, ossia 40 milioni di Kilowattora.}$$

Quindi nel bacino è immagazzinata acqua corrispondente a 40 milioni di kilowattora, ossia circa $\frac{1}{4}$ della produzione annuale. Dunque il nostro bacino è un vero bacino di stagione.

Possiamo calcolare l'azione compensatrice del bacino, partendo dalla formola del prof. Zunini sulla variazione della portata (vedi: Ing. GANASSINI, Atti della Associazione Elettrotecnica Italiana, agosto 1911).

Supponiamo che l'Agri abbia raggiunto la portata media di 11.000 litri e che incominci un periodo di siccità, che duri t giorni. La portata q del fiume dopo t giorni di siccità vale

$$q = \beta e^{-rt} = 11.000 e^{-0,06t}$$

$$\log q = 4,0414 - 0,026 t$$

Il bacino in t giorni riceve la quantità d'acqua

$$A = \int_0^t \beta \cdot e^{-rt} \cdot dt = \frac{\beta}{r} (1 - e^{-rt})$$

Viceversa il bacino emette nel medesimo tempo la quantità d'acqua

$$B = \beta l$$

Il volume dell'acqua nel bacino deve quindi diminuire della quantità

$$B - A = \beta \left(l - \frac{1}{r} - e^{-rt} \right)$$

Il bacino, avendo una capacità di 77,28 milioni di metri cubi, esso si esaurirà in un numero t_1 di giorni dato la formola

$$77.280.000 = \beta \left(t_1 - \frac{1}{r} - e^{-rt_1} \right)$$

$$t_1 = 98,85 \text{ giorni.}$$

Ossia il nostro bacino può permettere una erogazione costante, malgrado una siccità prolungata per circa 100 giorni consecutivi.

Salto utilizzato.

Faremo restituzione sotto Gallicchio a monte del luogo detto « Casa Donadio ». Ivi la curva di quota 275 è tutta fuori dell'alveo e si può ritenere che il fiume in piena non giunga mai a 273, quindi la quota di 271 si può ritenere per livello di scarico utile essendo 273 la quota massima in piena. Il progetto potrebbe essere modificato dividendo il salto in due parti, e collocando una centrale al Belvedere presso la Fiumara d'Armento, collo scopo d'evitare il sifone nella Fiumara e di utilizzare le acque del Nocito e dell'Armento.

Infine converrà anche utilizzare la pressione dell'acqua uscente dal serbatoio, collocando alla diga un centralino con

tre turbine atte a funzionare in serie. A seconda della pressione si utilizzerà una, due o tre turbine, in modo che venga utilizzata sempre la pressione totale.

Avremo così:

a bacino pieno un salto totale di m. $525 - 271 = 252$ metri.

ed a bacino vuoto un salto di $492 - 271 = 221$ metri.

Siccome la parte del bacino a quota bassa è molto più piccola della parte a quota alta, la quale anche più spesso si rinnova, avremo che il livello medio è molto più vicino a 525 che a 492. Il calcolo ci dà una media di 520 metri, come quota media dell'acqua nel bacino, onde un salto medio di 249 metri. Togliendo m. 11 circa per la pendenza del canale e per la perdita di carico nel sifone, avremo un salto utile di m. 238.

Energia ricavabile.

L'energia ricavabile varia a seconda che si tiene conto o no del bacino di raccolta.

a) Energia ricavabile in base alla magra del 15 agosto 1905, escluso quindi ogni bacino di regolazione. In tale giorno, che si può considerare di magra minima, la portata era di 3,531 nell'Agri dopo la confluenza del Maglia. Ignoriamo la portata del Vella in quel giorno e la supporremo 0, trattandosi di corso torrentizio. L'energia ricavabile è quindi, (se la turbina ha il rendimento 0,80) di 9150 HP.

b) Energia in anni di magra eccezionale. Possiamo supporre col Perrone (Vedi Carta Idrografica d'Italia al capitolo « Agri ») che in qualche anno specialissimo la minima magra decresca di $\frac{1}{4}$ del valore predetto; si giunge così a 2,8 metri cubi. È da notare però che una magra simile sinora non venne mai ri-

scontrata. Si ricaverebbe in tal caso $\frac{3}{4}$ dell'energia predetta.

c) *Energia ricavabile in base alla portata media.* La portata media essendo di 11 m.³, se ne ricava l'energia di 28000 HP. Per avere in via normale tale potenza, non costruendo il bacino di raccolta, occorrerebbe installare una riserva termica di $28,000 - 9150 = 17850$ HP. Si vede di qui la grande utilità del bacino.

d) *Energia ricavabile dall'uso del bacino.* La portata media di 11 m.³ ci dà nell'anno $11 \times 31.550,000$ m.³ all'anno, ossia 347.500,000 m.³ all'anno che passano nel canale.

Un metro cubo rappresenta 0,518 Kilowattora.

Quindi i 347,5 milioni di m.³ che in un anno passano nel canale ci rappresentano 180 milioni di Kilowattora all'anno ossia

ad erogazione costante $\frac{180 \times 10}{8760} = 20500$ Kilowatt. = 28000 HP;

ritroviamo quindi un valore già altra volta trovato.

Possiamo ritenere che la massima richiesta corrisponda a 2,5 volte la media, ciò che dà 3500 ore di utilizzazione sulla punta massima. Ne segue che l'energia disponibile alla punta del diagramma, ossia l'energia vendibile è

$$\frac{8760}{3500} \times 28.000 = 70.000 \text{ cavalli}$$

A tale potenza dovranno essere proporzionate le turbine gli alternatori, i trasformatori. Quanto al canale lo proporzioneremo ad una richiesta poco superiore alla media, cioè a quella che si avrebbe per una utilizzazione di 5000 ore alle punte. Seguendo il metodo introdotto dal prof. Zunini nell'impianto di Isola, compenseremo le punte del diagramma

colla capacità del bacino di carico, ricavandone una notevole economia nell'impianto.

Canale.

Il canale avrà una portata media di 11 m.³, massima di 19, 27.

Il dislivello totale è di metri 11 dei quali 3, 5 m. sono assorbiti dal sifone nell'Armento. Si ha quindi un dislivello nel canale di 7, 5 metri ripartito su 19, 5 Kilometri, ossia una pendenza del 4 per 10.000 circa. Il canale presenta parecchie piccole gallerie e ponti. Sovratutto importante è la galleria di Gallicchio Vetere lunga 850 metri, ove il canale viene internato nel monte per evitare una falda franosa. Fra i ponti sono notevoli quelli sul Rio Confine e sul Rio di S. Paolo.

Il Canale da Montemurro fino alla Fiumara di Armento si svolge sopra una falda di conglomerati arenacei dell'eocene. Dalla Fiumara di Armento a Gallicchio il terreno è invece di natura pliocenica.

Il canale è parte in muratura, parte in terra. La parte in muratura ha una larghezza di m. 5, 20 ed una sezione di 13, 52 mq. La velocità nel caso di portata massima è di m. 1, 425. La formola di Bazin ci conduce al 4 per 10.000 di pendenza come abbiamo detto sopra.

La parte di canale in terra ha forma trapezoidale, con scarpe inclinate di 3 su 4; la larghezza di fondo è m. 2, 18, l'altezza utile è di m. 3 la totale di 3, 25. Colla massima portata avremo un raggio medio di 1, 52 ed una velocità di m. 1, 04 al secondo.

Anche in questo caso la formola di Bazin conduce alla pendenza di 4 su 10.000.

Diga.

Il profilo prescelto è alquanto diverso da quello normalmente adoperato, essendosi fatta a piani inclinati anzichè curvilinea la scarpa verso il monte. La scarpa a valle è formata di due faccie piane raccordate da una superficie cilindrica.

Nel progetto si è ampiamente provveduto allo scarico delle piene sia con un grande sfioratore di superficie, sia con un canale sghiaiatore.

Benchè l'industria della pesca quasi non esista nel Vallo di Marsico, si provvederà a non danneggiarla collocando sulla diga un'apposita scala per i pesci.

Nel bacino poi verrebbe interdetta la pesca, e lo si popolerebbe di tinche e carpe, essendo questi pesci grandi distruttori delle larve dell'anofele.

Condotta forzata e Centrale.

Si prevede una tubazione in lamiera d'acciaio formata da 3 tubi lunghi circa 310 metri. Ciascuno di essi porta in media 3,65 m.³ al 1". Se ci imponiamo una perdita di carico di 2 m. colla portata media, possiamo calcolare il diametro dei tubi colla formola di Dupuit-Darcy, assumendo pel coefficiente K il valore medio 0,002.

Ne ricavo

$$D^5 = \frac{0,002 \times 310 \times 13,3}{2} = 4,1$$

$$D = m. 1,33$$

La sezione di ogni tubo è 1,4 mq. quindi la velocità media dell'acqua nella tubazione forzata è di m. 2,6 al secondo.

La tubazione terminerà nella Centrale di Gallicchio, nella località detta « Casa Donadio ». Ivi una serie di ruote Pelton direttamente accoppiate ad alternatori trasformerà l'energia idraulica in corrente trifase a 5000 Volt e 50 periodi. La corrente così prodotta raggiungerà una batteria di trasformatori in olio con raffreddamento a circolazione d'acqua, che ne eleveranno la tensione a 75.000 Volt.

Sotto questa forma la corrente sarà immessa sulle linee elettriche. E così l'energia delle acque dell'Agri, ora completamente perduta, verrà in parte distribuita nella valle e in parte trasportata a distanza, dando impulso alla trasformazione industriale delle provincie meridionali d'Italia.

Ing. MARIO BUFFA.

1288683 D

ERRATA CORRIGE

Pag. 13, riga 6 invece di: $B - A = \beta \left(t - \frac{1}{i} - e^{-rt} \right)$

leggi: $(B - A) = \beta \left(t - \frac{1}{i} \left[1 - e^{-rt} \right] \right)$

Pag. 13, riga 9 invece di: $77.280.000 = \beta \left(t_1 - \frac{1}{i} - e^{-rt} \right)$

leggi: $77.280.000 = \beta \left(t - \frac{1}{i} \left[1 - e^{-rt} \right] \right) \times 86,4$

